Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 14, No. 1, Apr. May. 2018, p. 195-206



نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد 14، شماره 1، فروردین-اردیبهشت 1397 ص.206-195

بررسی اثر روش‌های مختلف نگهداری بر خصوصیات کمّی و کیفی سیب‌زمینی

جعفر نباتی*[1]- فرشاد ایزدی[2]- رضا عباسی[3]- فرشید حسنی[4]

تاریخ دریافت: 31/04/1395
تاریخ پذیرش: 27/11/1395

چکیده

سیب‌زمینی از محصولات زراعی محسوب می‌شود که قابلیت نگهداری طولانی‌مدت دارد. نوع بسته‌بندی در کیفیت و طول مدت این نگهداری تأثیر بسزایی دارد. این پژوهش به‌منظور بررسی اثر روش‌های ذخیره‌سازی سیب‌زمینی در سردخانه شامل، نگهداری در جعبه چوبی، کیسه‌های توری، کیسه‌های پلی‌اتیلن سالم، کیسه‌های پلی‌اتیلن پانچ شده و کیسه‌های پلی‌اتیلن شکاف خورده بر خصوصیات کمی و کیفی آن پس از شش ماه نگهداری در سردخانه انجام شد. این مطالعه در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار اجرا شد. نتایج نشان داد که بیشترین و کمترین درصد افت به‌ترتیب در کیسه توری و کیسه پلی‌اتیلن سالم مشاهده شد که میزان اختلاف این دو تیمار از هم 4/2 درصد بود. نگهداری غده در کیسه‌های پلی‌اتیلن سالم بیشترین و در کیسه پلی‌اتیلن شکاف خورده کمترین درصد پوسیدگی را نشان داد. بیشترین جوانه‌زنی غده‌ها در کیسه‌های پلی‌اتیلن سالم و پانچ شده مشاهده شد و در کیسه توری و جعبه چوبی کمترین جوانه‌زنی رخ داد. اختلاف بین بیشترین و کمترین درصد جوانه‌زنی در کیسه پلی‌اتیلن پانچ شده و کیسه توری 16درصد بود. اختلاف معنی‌داری بین روش‌های مختلف نگهداری از نظر درصد قندهای احیاء و فنول مشاهده نشد. بیشترین درصد نشاسته در کیسه پلی‌اتیلن شکاف خورده و کیسه توری و کمترین مقدار نشاسته در کیسه پلی‌اتیلن پانچ شده مشاهده شد. نگهداری غده در کیسه توری بیشترین و در کیسه پلی‌اتیلن شکاف خورده کمترین درصد برگه‌های قهوه‌ای چیپس را نشان دادند. به‌طورکلی جعبه‌های چوبی، ایجاد شکاف در کیسه‌های پلی‌اتیلن و ایجاد پانچ در کیسه‌ها برای کاهش درصد پوسیدگی و جوانه‌زنی غده‌های سیب‌زمینی می‌تواند راه‌کاری مؤثر برای ذخیره این محصول در سردخانه باشد.

واژه‌های کلیدی: بسته‌بندی، پوسیدگی، چیپس، سردخانه، انبارداری

مقدمه

سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) گیاهی آتوتتراپلوئید از خانواده سولاناسه است که مصرف سرانه آن در کشور به بیش از 35 کیلوگرم در سال بالغ می‌گردد (احمدوند و حسن‌آبادی، 1385). سیب‌زمینی در جهان گسترده‌ترین محصول غده‌ای و چهارمین محصول زراعی پس از برنج، گندم و ذرت است (MoA, 2005). سیب‌زمینی از مهم‌ترین محصولات تجاری و غذاها است که نقش مهمی در امنیت غذایی جهان دارد (MoA, 2007). تولید سیب‌زمینی به دلیل کاهش رقابت محصولات نقدی مانند ذرت، لوبیا و جو و همچنین افزایش نیاز مصرف‌کنندگان و صنایع، سیر صعودی دارد (George *et al.,* 2010).

سیب‌زمینی از محصولات زراعی نیمه فاسدشدنی است اما می‌توان آن را بیشتر از شش ماه در دمای 3- 4 درجه سانتی‌گراد در سردخانه نگهداری کرد. انبار کردن سیب‌زمینی در سردخانه برای تأمین منظم و پیوسته برای مصرف‌کنندگان در خارج از فصل تولید ضروری است (Gupta *et al.*, 2014). در ایران بیشتر از 90 درصد تولید سیب‌زمینی در مناطق معتدل و سرد در طی فصل بهار و تابستان صورت می‌گیرد. برداشت سیب‌زمینی در هر فصلی از سال نیازمند نگهداری در شرایط کنترل‌شده ازنظر دما دارد بنابراین انبار کردن سیب‌زمینی برای هر نوع مصرف اعم از تازه‌خوری یا فرآوری در سردخانه ضروری است (احمدوند و حسن‌آبادی، 1385). روش‌های سنتی انبارداری سیب‌زمینی

[1] 1- عضو هيات علمي، پژوهشکده علوم گیاهی، دانشگاه فردوسی مشهد.
2- مدیر، کارخانه شرکت صنایع غذایی به آرا، مشهد.
3- مدیر، امور زراعی شرکت صنایع غذایی به آرا، مشهد.
4- کارشناس، امور زراعی شرکت صنایع غذایی به آرا، مشهد.
(*- نویسنده مسئول: Email: jafarnabati@ferdowsi.um.ac.ir)
DOI: 10.22067/ifstrj.v1396i0.57671

قابلیت نگهداری این محصول را برای حدود 60 تا 70 روز دارند (Gupta *et al*., 2014). مطالعات پیشین در حفظ کیفیت سیب‌زمینی تحت شرایط محیطی یا شرایط غیرسردخانه‌ای مانند کپه‌ای، گودالی و سیستم خنک‌کننده تبخیری (پد و فن) برای تعداد محدودی از ارقام قابل‌استفاده است (Pande and Luthra 2003; Das *et al*. 2004;Kumar *et al*. 2005; Mehta *et al*. 2006).

غده سیب‌زمینی دارای یک دوره خواب فیزیولوژیکی پس از برداشت است. طول دوره خواب وابسته به تنوع ژنتیکی و عوامل محیطی مانند شرایط انبارداری می‌باشد. ارقام تجاری سیب‌زمینی کشت شده برای فرآوری و صنعت دارای دوره خواب کوتاه‌تری هستند و در این ارتباط اختلالاتی مانند شیرین شدن، جوانه زدن، سمیّت و غیره ایجاد می‌گردد؛ بنابراین ایجاد شرایط مناسب انبارداری برای اطمینان از کاهش خسارت اجتناب‌ناپذیر است (Suttle, 2007).

کنترل جوانه‌زنی به‌صورت کارآمد برای حفظ کیفیت غده و کاهش افت انبارداری ضروری است. جوانه‌زنی به دلیل بالا رفتن تبخیر و تعرق از منافذ و عدسک‌ها می‌تواند افت وزن غده را افزایش دهد و منجر به بالا رفتن میزان قندهای احیاء شود (Hartman *et al*., 1995). به‌علاوه، جوانه‌زنی غده باعث بالا رفتن سطح گلیکو آلکالوئیدهای سمی می‌شود (Friedman, 2006). جوانه‌زنی سیب‌زمینی را می‌توان با استفاده از مواد مختلف ضدجوانه‌زنی مانند CIPC[1] (Khan *et al*., 2012)، متوقف‌کننده‌های جوانه مانند اسانس‌ها (Kleinkopf *et al*., 2003)، تشعشع (Abbasi, 2012)، کاربرد فشار (Saraiva *et al*., 2011) و تیمار آب گرم (Kyriacou *et al*., 2008) کنترل کرد.

سیب‌زمینی یک محصول نیمه فسادپذیر است. با این وجود ذخیره آن در دمای پایین موجب ممانعت از جوانه‌زنی و اطمینان از استفاده مجدد در زمان مورد نیاز می‌باشد. در عین حال ذخیره سیب‌زمینی در دمای پایین موجب شیرین شدن[2] غده‌ها شده که این شرایط در فرآیندهای صنعتی مشکل ایجاد می‌کند (Kyriacou *et al*., 2009). اتفاقی که در نگهداری سیب‌زمینی در دمای پایین رخ می‌دهد این است که در نتیجه هیدرولیز آنزیمی، نشاسته غیرقابل حل به گلوکز، فروکتوز و ساکارز قابل حل تبدیل می‌گردد (Sowokinos, 1990). شیرین شدن غده‌ها باعث زوال کیفیت تجاری غده‌ها و موجب قهوه‌ای و تلخ شدن فرآورده‌ها به دلیل شکل‌گیری آکریل آمید می‌گردد. آکریل آمید یک ترکیب سمی حاصل از پخت سیب‌زمینی به‌عنوان تولید ثانویه واکنش میلارد در حضور پیش ماده‌هایی مانند قندهای احیاء (گلوکز) و آمینو اسید (آسپرژیلوس) است (Mottram *et al*., 2002).

کیفیت فرآوردهای سیب‌زمینی توسط ماده خشک بالا و میزان قندهای احیاء و ترکیبات فنولی پایین تعیین می‌گردد (Kadam *et al*., 1991; Abong *et al*., 2009). ماده خشک بالا، عملکرد و تردی چیپس را افزایش و میزان جذب روغن در طی فرآوری را کاهش می‌دهد (Pedreschi *et al*., 2005; Rommens *et al*., 2010). درصد پایین قندهای احیاء و محتوای فنول برای اجتناب از تیره شدن رنگ چیپس و تلخ شدن مزه آن ضروری است زیرا این عوامل تأثیر منفی بر انتخاب مصرف‌کننده خواهند گذاشت (Wang-Pruski & Nowak, 2004). ماده خشک سیب‌زمینی و محتوای قندهای احیاء به‌صورت ژنتیکی کنترل شده و تحت تأثیر شرایط محیطی در طول دوره رشد و انبارداری نیز قرار می‌گیرد (Kawchuk *et al*., 2008).

میوه‌ها و سبزی‌ها از محصولات پر آب بوده بنابراین نیاز به روش‌های نگهداری مناسب پس از برداشت دارند. استفاده از بسته‌بندی مناسب زمان انبارداری را به‌واسطه محافظت در برابر فاسدشدن افزایش می‌دهد (Kittur, 1998). بسته‌بندی یکی از اجزای حیاتی پس از برداشت در زنجیره مدیریت محصولات زراعی است. در ایران و دیگر کشورهای در حال توسعه از کیسه‌های پلی‌اتیلن با ظرفیت 40 تا 80 کیلوگرم برای ذخیره سیب‌زمینی استفاده می‌کنند. در حال حاضر استفاده از کیسه‌هایی با کیفیت پایین و کیسه‌های دست دوم مسئول بیماری‌ها در زمان نقل و انتقال و انبارداری است. در این ارتباط تاکنون دستورالعمل جامعی برای بسته‌بندی سیب‌زمینی در طول زمان انبارداری با روش‌های مختلف ارائه نشده است. در این ارتباط کیفیت سیب‌زمینی برای تولید چیپس پس از انبارداری با کیسه پلی‌اتیلن سالم، پانچ شده، شکاف خورده و کیسه توری و جعبه چوبی مورد ارزیابی قرار گرفت.

[1]- Chlorpropham
[2]- Sweetening

مواد و روش‌ها

این مطالعه در سال 1394-1395 در سردخانه راوند واقع در شهرک صنعتی توس، شهرستان مشهد در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار به اجرا درآمد. تیمارهای آزمایش شامل انواع روش‌های ذخیره‌سازی غده سیب‌زمینی در سردخانه شامل، نگهداری در جعبه چوبی، نگهداری در کیسه‌های توری، نگهداری در کیسه‌های پلی‌اتیلن، نگهداری در کیسه‌های پلی‌اتیلن پانچ شده و نگهداری در کیسه‌های پلی‌اتیلن شکاف خورده بود. هر کیسه توری حاوی 25 کیلوگرم و هر کیسه پلی‌اتیلن حاوی 45 کیلوگرم سیب‌زمینی بود. در جعبه چوبی سیب‌زمینی به‌صورت فله نگهداری شد وزن غده موجود در این جعبه‌ها 665 کیلوگرم بود. در تیمار کیسه‌های پانچ شده، تعداد 18 پانچ با قطر پنج سانتی‌متری روی هر کیسه ایجاد شد. در تیمار کیسه‌های پلی‌اتیلن شکاف خورده تعداد 18 شکاف 10 سانتی‌متری روی کیسه‌ها ایجاد شد. به‌جز تیمار نگهداری در جعبه چوبی، سایر تیمارها در جعبه‌های فلزی که چهار طرف آن باز بود به‌صورت کیسه روی هم چیده شد که متوسط وزن سیب‌زمینی در این جعبه‌ها 1500 کیلوگرم بود.

رقم سیب‌زمینی مورد استفاده در این مطالعه آگریا بود که از یک قطعه زمین شرایط یکسان با مدیریت زراعی واحد از شهرستان قوچان تهیه شد. برداشت در نیمه دوم مهرماه انجام و پس از جداسازی ضایعات به سردخانه منتقل و تیمارهای مورد نظر روی آن‌ها اعمال شد. قبل از انبار کردن غده‌ها توزین تیمارها صورت گرفت. برای ترمیم صدمات مکانیکی زمان برداشت، در ابتدای انبارداری دمای سردخانه در طول مدت سه هفته به‌تدریج کاهش یافت تا در نهایت دما به شش درجه سانتی‌گراد رسید. رطوبت نسبی برای تمامی تیمارها بین 85 تا 90 درصد در نظر گرفته شد. میزان دی‌اکسید کربن در طول دوره انبارداری بین 700 تا 1000 پی‌پی‌ام با استفاده از سیستم تهویه تحت کنترل حس‌گر تعیین‌کننده دی‌اکسید کربن تنظیم گردید و طول دوره انبارداری شش ماه بود.

جهت کاهش درصد قند و آماده‌سازی برای مصرف، یک هفته قبل از خارج کردن غده‌ها از سردخانه دمای سردخانه به‌تدریج افزایش و به نه درجه سانتی‌گراد رسید. بلافاصله پس از خارج کردن غده‌ها از سرخانه وزن تیمارها ثبت شد. از هر تیمار به‌طور تصادفی سه کیسه انتخاب و تعداد غده‌های سالم، جوانه‌زده و پوسیده شمارش شد. برای این منظور در جعبه چوبی سه نمونه 100 تایی از قسمت‌های مختلف جعبه استفاده شد. جهت بررسی صفات کیفی مانند درصد قند، میزان فنول کل و کیفیت چیپس، درصد نشاسته، درصد ماده خشک و وزن مخصوص غده، نمونه‌ها انتخاب و به آزمایشگاه منتقل شد.

درصد قندهای احیاء بر اساس روش Ross (1959) اندازه‌گیری شد. نمونه بافت غده (یک گرم) در یک میلی لیتر آب مقطر هموژنایز گردید. مواد جامد نامحلول با استفاده از سانتریفوژ 3000 جی در پنج دقیقه جدا شد. مقدار متناسبی از محلول بالایی به نسبت حجمی یک به چهار به‌ترتیب محلول استخراج شده و محلول دی نیترو فنول (مولار 038/0) مخلوط شد. مخلوط حاصل به مدت شش دقیقه در دمای 65-70 درجه سانتی‌گراد نگهداری و بلافاصله زیر آب جاری سرد و در نهایت میزان جذب در 600 نانومتر و استاندارد گلوکز قرائت شد.

غلظت فنول کل در نمونه غده سیب‌زمینی بر اساس روش فولین سیوکالتو (Singleton and Rossi, 1965) تعیین شد. میزان فنول کل بر اساس جذب در طول موج 765 نانومتر و استاندارد گالیک اسید برحسب میلی‌گرم در گرم ماده خشک تعیین شد.

به‌منظور تعیین وزن مخصوص غده‌ها (گرم بر سانتی‌مترمربع)، حجم غده‌ها از طریق غوطه‌ور شدن آن‌ها در آب (استوانه مدرج) تعیین و سپس با استفاده از رابطه 1، وزن مخصوص غده‌ها تعیین شد (Gould, 1995).

(1) (وزن غده در هوا–وزن غده در آب)/(وزن غده در هوا)=وزن مخصوص غده

درصد ماده خشک غده‌ها به روش بورتن (Burton, 1948) با استفاده از رابطه زیر (رابطه 2) تعیین شد.

(2) (0988/1–وزن مخصوص غده)(33/3± 04/211)+ (035/0±182/24) = درصد ماده خشک غده

درصد نشاسته غده‌ها با استفاده رابطه ذیل (رابطه 3) محاسبه شد (Burton, 1948).

(3) (0988/1–وزن مخصوص غده)07/199+ 546/17=درصد نشاسته

جهت بررسی کیفیت چیپس هم‌زمان با نمونه‌برداری جهت صفات کیفی نمونه‌هایی برای بررسی کیفیت چیپس به خط تولید

شرکت صنایع غذایی به آرا ارسال شد. کیفیت چیپس بر اساس روش رنگ چیپس تولیدی از یک تا 20 نمره دهی شد. در این روش از برگه‌های چیپس عکس‌برداری با استفاده از نرم‌افزار J Micro Vision V1.27 درصد تیرگی در نمونه‌ها تعیین شد و در نهایت نمره دهی بر این اساس انجام شد. اعداد کمتر از 10 غیرقابل مصرف در تولید چیپس، اعداد 10-20 قابل مصرف در تولید چیپس در نظر گرفته شد (1: قهوه‌ای کامل، 20: روشن کامل). شرایط پخت برای تمام نمونه‌ها یکسان در نظر گرفته شد. دمای آب بلانچر 85 درجه سانتی‌گراد به مدت 180 ثانیه و دمای سرخ کن 175 درجه سانتی‌گراد به مدت 130 ثانیه بود.

داده‌های حاصل از طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار به‌وسیله نرم‌افزار Minitab 16 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد مورد ارزیابی قرار گرفتند.

نتایج و بحث

میزان افت غده‌های سیب‌زمینی در طول دوره انبارداری عموماً در اثر کاهش درصد آب غده و پوسیدگی برخی از غده‌ها ایجاد می‌شود. بررسی درصد افت در تیمارهای مختلف نگهداری در این مطالعه حاکی از اختلاف معنی‌دار (P≤05/0) روش‌های نگهداری ازنظر میزان افت سیب‌زمینی بود (جدول 1).

بیشترین و کمترین درصد افت به‌ترتیب در تیمارهای نگهداری غده‌های سیب‌زمینی در کیسه توری و کیسه پلی‌اتیلن سالم مشاهده شد (شکل 1)، که میزان اختلاف این دو تیمار از هم 4/2 درصد بود. نگهداری سیب‌زمینی در جعبه‌های چوبی درصد افت بیشتری نسبت به کیسه پلی‌اتیلن پانچ شده و شکاف خورده داشت اما این اختلافات معنی‌دار (شکل 1) نبود. ظاهراً غده‌های نگهداری شده در کیسه‌های توری بیشتر از غده‌های نگهداری شده در جعبه‌های چوبی در معرض هوا بوده و مقدار آب بیشتری از دست داده‌اند. کیسه‌های پلی‌اتیلن سالم به دلیل تبادل پایین هوا با محیط اطراف درصد افت کمتری نسبت به سایر روش‌های دیگر نشان داد.

ول۱ – تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات مورد مطالعه در روش‌های مختلف انبارداری سیب‌زمینی در سردخانه

درصد ده‌های قابل استفاده	درصد غده‌های بدون جوانه	درصد غده‌های جوانه‌زده	درصد غده‌های پوسیده	وزن مخصوص	درصد ماده خشک	درصد قند	درصد نشاسته	فنول	درصد برگه‌های قهوه‌ای	کیفیت چیپس
۳/۳۰ ns	۲۲۶/۷۳**	۱۸۵/۲۸**	۳/۹۴**	۰/۰۰۱**	۱۹/۴۶**	۰/۰۰۱ ns	۱۷/۳۵**	۰/۰۳ ns	۱۱۱/۳۸**	۱۳/۰۷**
	۶/۳۲	۱۶/۳۹	۱۵/۲۴	۰/۷۲	۵/۶۹	۱۵/۴۹	۷/۵۸	۱۷/۲۲	۱۲/۰۷	۷/۳۴

Ns و ** به ترتیب غیر معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ و معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۱

پوسیدگی غده‌های سیب‌زمینی در طی زمان انبارداری تحت تأثیر معنی‌دار (P≤05/0)

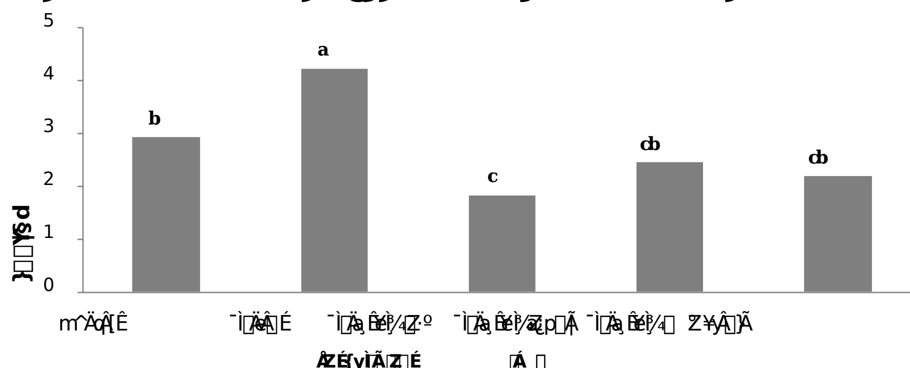
روش‌های مختلف نگهداری قرار گرفت (جدول 1). در میان روش‌های مورد بررسی، نگهداری غده‌های سیب‌زمینی در کیسه‌های پلی‌اتیلن سالم بیشترین درصد پوسیدگی را نشان داد. نگهداری غده سیب‌زمینی در کیسه پلی‌اتیلن شکاف خورده کمترین درصد پوسیدگی را داشت اما اختلاف معنی‌داری (P≥05/0) با روش‌های نگهداری در جعبه چوبی، کیسه توری و کیسه پلی‌اتیلن پانچ شده نداشت، با این وجود نگهداری سیب‌زمینی در کیسه پلی‌اتیلن شکاف خورده نسبت به نگهداری در جعبه چوبی، کیسه توری و کیسه پلی‌اتیلن پانچ شده به‌ترتیب 3/0، 4/0 و 2/1 درصد افت کمتری داشت (شکل 2).

افت غده‌های سیب‌زمینی در طی دوره انبارداری یک امر فیزیولوژیک اجتناب‌ناپذیر است. کاهش وزن غده‌های سیب‌زمینی به دلیل تنفس و تبخیر از غده صورت می‌گیرد اما کاهش وزن غده‌های سیب‌زمینی به دلیل تنفس بسیار کمتر از تبخیر است (Samotus *et al.*, 1973؛ Butchbaker *et al.*, 1973). ارقام حساس کاهش وزن زیادی در مقایسه با دیگر ارقام دارند که این امر موجب کاهش سود نهایی برای تولیدکنندگان آن‌ها می‌گردد. بنابراین میزان افت در یک رقم باید به عنوان یک عامل مهم در فرایند ذخیره‌سازی مدنظر قرار گیرد. به همین دلیل مطالعات زیادی در ارتباط با علل افت در غده‌های سیب‌زمینی انجام شده است. دما و رطوبت نسبی در طول دوره انبارداری از علل تأثیرگذار در میزان افت غده‌های سیب‌زمینی می‌باشند (Freitas *et al.*, 2012). در این مطالعه بیشترین درصد افت در کیسه‌های توری و در مقابل بیشترین درصد پوسیدگی در کیسه‌های پلی‌اتیلن سالم مشاهده گردد. بنابراین افت مربوط به کیسه توری مربوط به کاهش میزان آب موجود در غده‌های سیب‌زمینی می‌باشد و افت مربوط به کیسه پلی‌اتیلن سالم مربوط به پوسیدگی می‌باشد. در طی دوره انبارداری در صورتی که تهویه هوا به‌خوبی صورت نگیرد سطح غده‌ها مرطوب می‌شود. وجود رطوبت در سطح غده‌های سیب‌زمینی در طول دوره انبارداری به‌عنوان یک علامت خطر محسوب می‌گردد. وجود رطوبت در سطح غده‌ها موجب شیوع، بیماری‌ها و در نهایت پوسیدگی غده‌ها خواهد شد(Hide and Boorer, 1991). در کیسه‌های پلی‌اتیلن سالم به دلیل اینکه امکان تهویه به راحتی وجود ندارد معمولاً سطح غده‌ها مرطوب می‌گردد که این امر موجب افزایش درصد پوسیدگی غده‌ها می‌گردد.

بین تیمارهای مختلف نگهداری ازنظر درصد جوانه‌زنی اختلاف معنی‌داری (P≤05/0) مشاهده شد (جدول 1). بیشترین جوانه‌زنی غده‌ها در تیمارهای نگهداری سیب‌زمینی در کیسه‌های پلی‌اتیلن سالم و پانچ شده مشاهده شد، از طرف دیگر نگهداری غده‌ها در کیسه توری و جعبه چوبی کمترین درصد جوانه‌زنی رخ داد (شکل 3).

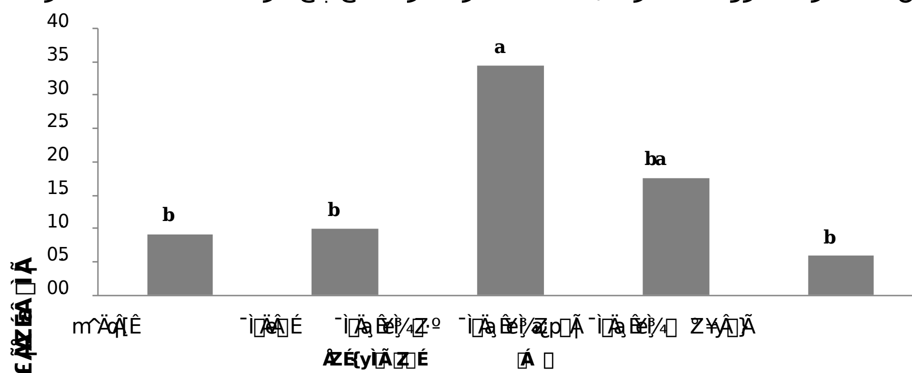
اختلاف بین بیشترین و کمترین درصد جوانه‌زنی در نگهداری غده‌ها در کیسه پلی‌اتیلن پانچ شده و کیسه توری 16 درصد بود (شکل 3).

علاوه بر پوسیدگی ناشی از وجود رطوبت در سطح غده‌ها، جوانه‌زنی نیز یکی دیگر از اثرات وجود رطوبت در سطح غده‌ها در طی دوره انبارداری می‌باشد (Abbasi, 2012). قرار گرفتن غده‌ها در معرض رطوبت موجب شکستن خواب غده‌های سیب‌زمینی می‌گردد هرچند این رطوبت به چشم قابل مشاهده نباشد. در شرایطی که حرکت هوا در بین غده‌های سیب‌زمینی به سهولت انجام نگیرد تنفس و تبخیر غده موجب ایجاد رطوبت در سطح غده‌ها می‌گردد که این امر موجب شروع فرآیندهای بعدی می‌گردد

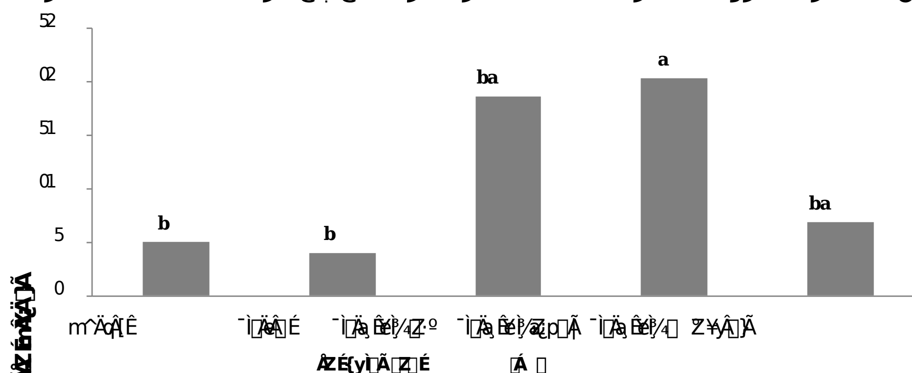


شکل 1- اثر روش‌های مختلف بسته‌بندی سیب‌زمینی بر درصد افت

(میانگین‌های دارای حروف مشترک به لحاظ آماری در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند)



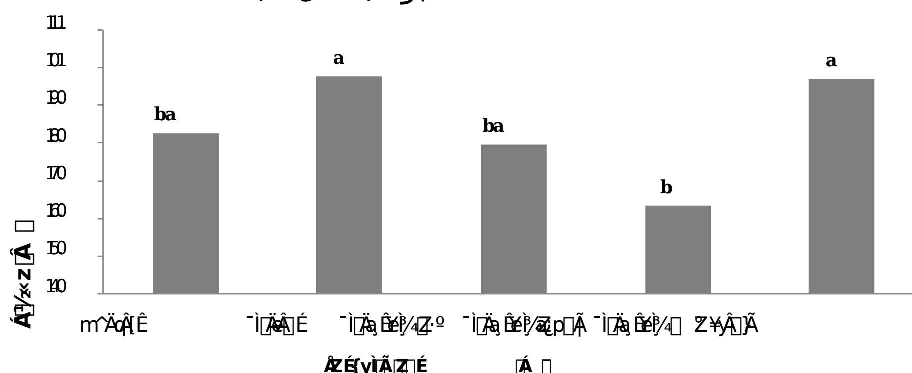
شکل 2- اثر روش‌های مختلف بسته‌بندی سیب‌زمینی بر درصد غده‌های پوسیده
(میانگین‌های دارای حروف مشترک به لحاظ آماری در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند)



شکل 3- اثر روش‌های مختلف بسته‌بندی سیب‌زمینی بر درصد غده‌های جوانه‌زده
(میانگین‌های دارای حروف مشترک به لحاظ آماری در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند)

غده‌های قابل استفاده شامل غده‌های بدون جوانه و غده‌های جوانه‌زده می‌باشد. در این مطالعه بین تیمارهای مختلف نگهداری غده‌های سیب‌زمینی ازنظر درصد غده‌های قابل‌استفاده اختلاف معنی‌دار آماری ($P\leq 0/05$) مشاهده نشد (جدول 1). با این وجود کمترین درصد غده‌های قابل استفاده در تیمار نگهداری سیب‌زمینی در کیسه پلی‌اتیلن سالم مشاهده شد که نسبت به نگهداری غده‌ها در جعبه چوبی سه درصد کمتر بود.

اثر تیمارهای مختلف نگهداری غده‌های سیب‌زمینی بر وزن مخصوص آن‌ها پس از شش ماه نگهداری در دمای شش درجه سانتی‌گراد معنی‌دار ($P\leq 0/05$) بود (جدول 1). بیشترین وزن مخصوص غده در تیمارهای نگهداری در کیسه توری و کیسه پلی‌اتیلن شکاف خورده مشاهده شد و کمترین وزن مخصوص در کیسه پانچ شده به دست آمد (شکل 4). اختلاف بین بیشترین و کمترین وزن مخصوص غده دو درصد بود با این وجود در تمامی تیمارها وزن مخصوص غده بیشتر از یک بود (شکل 4).



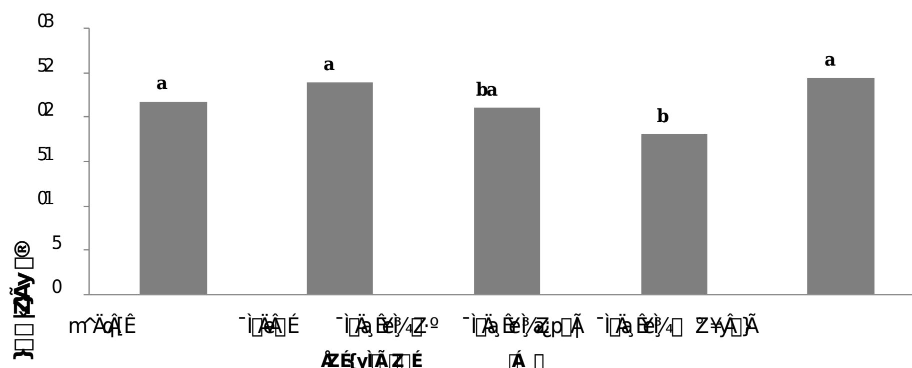
شکل 4- اثر روش‌های مختلف بسته‌بندی سیب‌زمینی بر وزن مخصوص غده
(میانگین‌های دارای حروف مشترک به لحاظ آماری در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند)

بررسی درصد ماده خشک غده‌های سیب‌زمینی پس از انبارداری حاکی از اختلاف معنی‌دار (P≤05/0) بین روش‌های مختلف نگهداری بود (جدول 1). بیشترین درصد ماده خشک به‌طور مشترک در تیمار کیسه توری و کیسه پلی‌اتیلن شکاف خورد با 24 درصد و کمترین درصد ماده خشک در تیمار کیسه پلی‌اتیلن پانچ شده مشاهده شد (شکل 5). اختلاف بین کمترین و بیشترین درصد ماده خشک پس از انبارداری شش درصد بود (شکل 5).

وزن مخصوص و درصد ماده خشک غده‌های سیب‌زمینی از مهم‌ترین خصوصیات تعیین‌کننده در برداشت باکیفیت سیب‌زمینی است. در عمل این شاخص‌ها نشان دهنده‌ی بلوغ غده‌ها می‌باشد که در صنعت برای قضاوت در مورد کیفیت پخت و خصوصیات انبارداری از آن استفاده می‌شود. از همه مهم‌تر وزن مخصوص و درصد ماده خشک منعکس‌کننده عوامل محیطی و مدیریت زراعی تولید در طی فصل رشد می‌باشد (Gould, 1995). گزارش شده است که هر 005/0 افزایش وزن مخصوص تقریباً یک درصد عملکرد چیپس را افزایش می‌دهد (Gould, 1999). به‌طورکلی با افزایش زمان انبارداری سیب‌زمینی وزن مخصوص غده کاهش پیدا می‌کند (Ding, *et al.*, 2002). هیدرولیز نشاسته با جوانه‌زنی تسریع می‌شود (Ding, *et al.*, 2002) بنابراین در صورتی که جوانه‌زنی افزایش یابد با مصرف ذخایر غده وزن مخصوص و درصد ماده خشک نیز کاهش خواهند یافت. در این مطالعه درصد غده‌های جوانه‌زده در روش نگهداری غده در کیسه‌های پانچ شده بیشتر از سایر روش‌های نگهداری بود و به تبع آن کاهش وزن مخصوص و درصد ماده خشک نیز در این تیمار بیشتر از سایر تیمارها بود (شکل 4 و 5).

درصد قندهای احیاء به‌عنوان یکی از عوامل مهم تعیین‌کننده کیفیت پس از انبارداری سیب‌زمینی نشان داد که اختلاف معنی‌داری (P≤05/0) بین تیمارهای مختلف نگهداری وجود ندارد (جدول 1). با این حال نگهداری غده‌های سیب‌زمینی در کیسه‌های پلی‌اتیلن سالم کمترین و نگهداری در کیسه‌های توری بیشترین درصد قندهای احیاء را نشان داد (جدول 2). درصد قندهای احیاء مناسب برای فرآوری سیب‌زمینی در صنعت چیپس کمتر از 1/0 درصد است (Freitas, *et al.*, 2012). گزارش شده است که مهم‌ترین عامل مؤثر در تغییر میزان قند در سیب‌زمینی دمای نگهداری است. حداقل میزان قندهای احیاء مانند ساکارز، فروکتوز و گلوکز در دمای 10 انبارداری درجه سانتی‌گراد در مقایسه با دمای 3/3 درجه سانتی‌گراد مشاهده شده است (Edwards *et al.* 2002). از دیگر عوامل مؤثر در میزان قند غده‌های سیب‌زمینی خواب غده (Fauconnier *et al.*, 2002) و شیرین شدن در اثر پیری می‌باشد (Wiltshire and Cobb, 1996). در این مطالعه تمامی تیمارها درصد قند بالاتر از این استاندارد را دارا بودند که احتمالاً به دلیل دمای نگهداری است. با توجه به اینکه افزایش درصد قند در این مطالعه به دلیل شیرین شدن در اثر پیری نمی‌باشد، بنابراین برای مصرف این غده‌ها در تمامی تیمارها نگهداری آن‌ها به مدت دو هفته برای کاهش درصد قند ضروری است.

درصد نشاسته غده‌های سیب‌زمینی تحت تأثیر معنی‌دار (P≤05/0) تیمارهای مختلف نگهداری قرار گرفت (جدول 1). در میان تیمارهای نگهداری غده‌های سیب‌زمینی، نگهداری در کیسه پلی‌اتیلن شکاف خورده و کیسه توری بیشترین و نگهداری غده در کیسه پلی‌اتیلن پانچ شده کمترین درصد نشاسته را نشان دادند (جدول 2). اختلاف بین بیشترین و کمترین درصد نشاسته شش درصد بود (جدول 2).



شکل 5- اثر روش‌های مختلف بسته‌بندی سیب‌زمینی بر ماده خشک غده

(میانگین‌های دارای حروف مشترک به لحاظ آماری در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند)

جدول 2- اثر روش‌های مختلف نگهداری سیب‌زمینی بر درصد قند، درصد نشاسته، میزان فنول، درصد برگه‌های قهوه‌ای چیپس و کیفیت چیپس

روش‌های نگهداری	قند (%)	نشاسته (%)	فنول (میلی‌گرم در گرم ماده تر)	برگه‌های قهوه‌ای(%)	کیفیت چیپس
جعبه چوبی	14/0[a]	42/15[a]	20/0[a]	20/12[ab]	67/14[ab]
کیسه توری	15/0[a]	47/17[a]	24/0[a]	37/21[a]	33/11[c]
کیسه پلی‌اتیلن سالم	11/0[a]	75/14[ab]	22/0[a]	93/8[b]	00/15[ab]
کیسه پلی‌اتیلن پانچ شده	12/0[a]	91/11[b]	22/0[a]	53/11[b]	67/12[bc]
کیسه پلی‌اتیلن شکاف خورده	14/0[a]	92/17[a]	41/0[a]	83/4[b]	67/16[a]

میانگین‌های دارای حروف مشترک به لحاظ آماری در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند

نشاسته از مهم‌ترین مواد مغذی کالری‌زای سیب‌زمینی است و حدود 70 تا 80 درصد از ماده خشک سیب‌زمینی را شامل شده و رابطه نزدیکی با وزن مخصوص و درصد ماده خشک آن دارد. دو جزء اصلی نشاسته شامل آمیلاز و آمیلوپکتین می‌باشند که نسبت آن‌ها یک به سه است (Salunkhe and Desai, 1984). قند تولید شده در برگ‌های سیب‌زمینی به بافت‌های در حال رشد منتقل شده توسط فعالیت پلیمراز آنزیم‌های سنتزکننده به نشاسته تبدیل می‌گردند (Fernie *et al.*, 2002). گزارش‌ها نشان می‌دهد جوانه‌زنی سیب‌زمینی به مقدار زیادی وابسته به هیدرولیز نشاسته است که انرژی برای توسعه و رشد جوانه‌ها را فراهم می‌کند (Biemelt *et al.*, 2000). در طی دوره انبارداری تبخیر، توزیع مجدد و تنفس، در غده‌های سیب‌زمینی ممکن است تحت تأثیر غلظت نشاسته قرار گیرد. هیدرولیز مولکول‌های نشاسته از طریق گلوکوآمیلازها به قندهایی مانند ساکارز و قندهای احیاء تبدیل می‌شود (Marchal, 1999). فرآوری سیب‌زمینی و دیگر صنایع وابسته نیاز به آزمون در ارتباط با کیفیت نشاسته و محتوای ماده خشک غده‌های سیب‌زمینی دارد. با وجود اینکه هیدرولیز نشاسته انرژی کافی برای رشد و توسعه جوانه‌ها فراهم می‌آورد (Abbasi, 2012) اما برای فرآوری سیب‌زمینی مناسب نیست. در این مطالعه مشاهده شد که نگهداری غده‌ها در شرایطی که مانع از جوانه‌زنی شده بود مانند نگهداری در کیسه پلی‌اتیلن شکاف خورده و کیسه توری میزان نشاسته نیز بیشتر بود در مقابل درصد نشاسته در تیمارهایی که درصد جوانه‌زنی بیشتری دارا بودند همانند کیسه پلی‌اتیلن سالم و پانچ شده کمتر بود.

ازنظر میزان فنول بین تیمارهای مختلف نگهداری سیب‌زمینی اختلاف معنی‌داری ($P\leq0/05$) مشاهده نشد (جدول 1). بررسی میانگین‌های میزان فنول کل در تیمارهای مختلف نشان داد تمامی تیمارها به‌جز نگهداری غده‌ها در کیسه پلی‌اتیلن شکاف خورده دامنه‌ای نزدیک به هم داشتند اما این تیمار میزان فنولی حدود دو برابر سایر تیمارها داشت (جدول 2).

پلی‌فنول‌ها عموماً متابولیت‌های ثانویه‌ای هستند که عمدتاً فعالیت آنتی‌اکسیدانی در ارتباط با اکسیداسیون چربی دارند (Kaur and

Kapoor, 2002). در غده‌های سیب‌زمینی غلظت ترکیبات عمده فنولی شامل گالیک اسید، کلروژنیک اسید و کافئیک اسید می‌باشند (Niggeweg *et al.*, 2004). معمولاً فنول کل غده‌های سیب‌زمینی در ابتدای دوره انبارداری بالاست و با افزایش زمان انبارداری روند کاهشی دارد (Abbasi, 2012).

درصد برگه‌های چیپس قهوه‌ای در تیماری‌های مختلف نگهداری غده‌های سیب‌زمینی اختلاف معنی‌داری (05/0P≥) با هم داشتند (جدول 1). نگهداری غده در کیسه توری بیشترین و نگهداری غده در کیسه پلی‌اتیلن شکاف خورده کمترین درصد برگه‌های قهوه‌ای چیپس را دارا بودند (جدول 2). نگهداری در تیمارهای کیسه پلی‌اتیلن سالم، پلی‌اتیلن شکاف خورده و جعبه چوبی اختلاف معنی‌دار آماری (05/0P≤) با درصد برگه‌های قهوه‌ای چیپس در کیسه پلی‌اتیلن شکاف خورده نداشتند. با این وجود به‌طور متوسط این تیمارها شش درصد برگه چیپس قهوه‌ای بیشتری نسبت به نگهداری غده در کیسه پلی‌اتیلن شکاف خورده نشان دادند (جدول 2). قهوه‌ای شدن برگه‌های چیپس سیب‌زمینی معمولاً در اثر کاهش وزن مخصوص، درصد ماده خشک و میزان نشاسته (Ding, *et al.*, 2002) و همچنین افزایش درصد قندهای احیاء غده اتفاق می‌افتد (Freitas*, et al.*, 2012). در این مطالعه تیمار نگهداری غده در کیسه پلی‌اتیلن شکاف خورده دارای وزن مخصوص، درصد ماده خشک و میزان نشاسته بیشتری نسبت به سایر تیمارها بود بنابراین به‌نظر می‌رسد برآیند این عوامل در کاهش درصد برگه‌های قهوه‌ای چیپس مؤثر بوده است. از طرف دیگر با توجه به اینکه اندازه‌گیری میزان فنول کل قبل از بلانچ (رنگ‌بری) انجام شده است به نظر می‌رسد فنول کل در طی فرایند بلانچ خارج شده است.

ارزیابی کیفیت چیپس (رنگ چیپس) به‌عنوان برآیند تمامی عوامل نگهداری سیب‌زمینی نشان داد که اختلاف معنی‌داری (05/0P≥) بین روش‌های نگهداری سیب‌زمینی از این نظر وجود دارد (جدول 1). بر اساس نمره دهی انجام شده در این مطالعه کیسه پلی‌اتیلن سالم، کیسه پلی‌اتیلن شکاف خورده و جعبه چوبی دارای کیفیت مناسب برای مصرف در تولید چیپس روشن را داشتند و کیسه توری کمترین کیفیت چیپس در این مطالعه را دارا بود که قابل مصرف در تولید چیپس‌های رنگی بود (جدول 2).

زمانی که پخت چیپس به اتمام می‌رسد برگه‌هایی قهوه‌ای جدا و رنگ بر اساس درصد برگه‌های باقی‌مانده تعیین می‌گردد. رنگ چیپس مهم‌ترین عامل کیفیت چیپس سیب‌زمینی در ارتباط با احساس مصرف‌کننده برای پذیرش محصول می‌باشد (Segnini *et al.*, 1999). رنگ چیپس سیب‌زمینی نتیجه واکنش میلارد در ارتباط با حضور قندهای احیاء، پروتئین، دما و زمان پخت می‌باشد (Abbasi, 2012). علاوه بر این میزان رنگ چیپس یک شاخص مهم در شکل‌گیری سم اکریل آمید در سیب‌زمینی در طی فرآوری سیب‌زمینی در دمای بالا می‌باشد (Stadler *et al.*, 2002). با وجود اینکه در مطالعات گزارش شده که درصد قند با درصد قهوه‌ای شدن ارتباط مستقیمی دارد اما در این مطالعه این رابطه مشاهده نشد. در این مطالعه درصد برگه‌های چیپس قهوه‌ای در تیمار غده‌های نگهداری شده در کیسه پلی‌اتیلن شکاف خورده کمتر از سایر تیمارها بود احتمالاً فرایند رنگ‌بری که با استفاده از بلانچر انجام گرفته موجب کاهش درصد برگه‌های چیپس قهوه‌ای در این تیمار شده است.

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی میزان افت در تیمار نگهداری غده در کیسه‌های پلی‌اتیلن سالم کمتر از سایر تیمارها بود اما درصد غده‌های پوسیده در این تیمار بیشتر از سایر تیمارها بود. در مقابل تیمار نگهداری غده در کیسه‌های پلی‌اتیلن شکاف خورده و پانچ شده درصد افتی معادل نگهداری در جعبه چوبی داشتند و درصد پوسیدگی در کیسه پلی‌اتیلن شکاف خورده کمتر از سایر تیمارها بود. کیفیت چیپس در تیمار نگهداری غده در کیسه‌های پلی‌اتیلن شکاف خورده بیشتر از سایر تیمارها و معادل نگهداری غده در جعبه چوبی بود. در نهایت با توجه به نتایج به دست آمده با توجه به محدودیت‌های موجود در سردخانه‌ها در نگهداری غده‌های سیب‌زمینی در جعبه‌های چوبی، ایجاد شکاف در کیسه‌های پلی‌اتیلن و یا ایجاد پانچ در کیسه‌ها برای کاهش درصد پوسیدگی و جوانه‌زنی غده‌های سیب‌زمینی می‌تواند راهکاری جایگزین برای ذخیره سیب‌زمینی در این شرایط باشد.

تشکر و قدر دانی

بدین وسیله از جناب آقای مهندس مرتضی خیامی مدیرعامل محترم شرکت صنایع غذایی به آرا که نهایت همکاری در اجرای این طرح را داشتند سپاسگزاری می‌نماییم.

منابع

احمدوند، ر.، و حسن آبادی، ح.، 1385. ارزيابي مقاومت کلون‌هاي اميدبخش سيب زميني در برابر بیماریهای ویروسی. گزارش نهایی، موسسه تحقیقات ثبت و گواهی نهال و بذر. 68 صفحه.

Abbasi, K.S., 2012, Influence of packaging materials and storage conditions on the quality attributes of potato (*Solanum tuberosum* L.) tubers. Ph.D Thesis. Arid Agriculture University, Rawalpindi Pakistan.

Abong, G.O. Okoth, M.W., Karuri, E.G., Kabira, J.N., and Mathooko, F.M., 2009, Evaluation of selected Kenyan potato cultivars for processing into french fries. Journal of Animal and Plant Sciences, 2, 141-147.

Biemelt, S., Hajirezaei, M., Hentschen, E., and Sonnewald, U., 2000, Comparative analysis of abscisic content and starch degradation during storage of tubers harvested of different potato varieties. Potato Research, 43, 371–382.

Burton, W.G., 1948. The Potato. Chapman and Hall, London, 319 p.

Butchbaker, A.F. Promersberger, W.J., and Nelson, D.C., 1973, Respiration and Losses of Weight Potatoes during Storage. Farm Research.

Das, M., Ezekiel, R., Pandey, S.K., and Singh, A.N., 2004, Storage behaviour of potato varieties and advanced cultures at room temperature in Bihar. Potato Journal, 31(1/2), 71–75.

Ding, C.K., Chachin, Y., Ueda, Y., Imahori, Y., and Wang, C.Y., 2002, Modified atmosphere packaging maintains postharvest quality of loquat fruit. Postharvest Biology and Technology, 24, 341-348.

Fernie, A.R., Willmitzer, L., and Trethewey, R.N., 2002, A review: Sucrose to starch: a transition in molecular plant physiology. Trends Plant Science, 7, 35-41

Freitas, S.T., Pereira, E.I.P., Gomez, A.C.S., Brackmann, A., Nicoloco, F., and Bisognin, D.A., 2012, Processing quality of potato tubers produced during autumn and spring and stored at different temperatures. Horticultura Brasileira, 30, 91-98.

Friedman, M., 2006, Potato glycoalkaloids and metabolites: roles in the plant and in the diet. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 54, 8655–8681.

George, O.A., Okoth, M.W., Imungi, J.K. and Kabira, J.N., 2010, Evaluation of selected Kenyan potato cultivars for processing into potatocrisps. Agriculture and Biology Journal of North America, 1, 886-893.

Gould, W., 1995, Specific gravity its measurement and use. Chipping Potato Handbook, pp. 18-21.

Gould, W.A., 1999, Potato production, processing, and technology. CTI Publications, Baltimore, M.D

Gupta, V.K., Luthra, S.K., and Singh, B.P., 2014, Storage behaviour and cooking quality of Indian potato varieties. Journal of Food Science and Technology, 52 (8), 4863-4873.

Hartmans, K.J., Diepenhorst, P., Bakker, W., and Gorris, L.G.M., 1995, the use of carvone in agriculture - sprout suppression of potatoes and antifungal activity against potato-tuber and other plant-diseases. Industrial Crops Products, 4, 3-13.

Hide, G.A. and Boorer, K.J., 1991, Effects of drying potatoes (*Solanum tuberosum* L.) after harvest on the incidence of disease after storage. Potato Research, 34, 133-137.

Kadam, S.S., Wankier, B.N., and Adsule, N.R., 1991, Potato production, processing and products. Boca Raton: CRC’s Press. 35 p.

Kaur, C., and Kapoor, H.C., 2002, Anti-oxidant activity and total phenolic content of some Asian vegetables. International Journal of Food Science & Technology, 37, 153–161.

Kawchuk, L.M., Lynch, D.R., Yada, R.Y., Bizimungu, B., and Lynn, J., 2008, Marker assisted selection of potato clones that process with light chip color. American Journal of Potato Research, 85, 227-231.

Khan, W.A., Duncan, H.J., Baloch, A.K., and McGowan, G., 2012, Methodology development for routine estimation of chlorpropham in commercial potato stores. Czech Journal of Food Sciences, 30, 67–73

Kittur, F.S., Kumar, K.R., and Tharanathan, R.N., 1998, Functional Packaging Properties of Chitosan Films. European Food Research and Technology, 44, 206–208.

Kleinkopf, G.E., Oberg, N.A., and Olsen, N.L., 2003, Sprout inhibition in storage: current status, new chemistries and natural compoundsAmerican Journal of Potato Research, 80, 317-27.
Kumar, R., Pandey, S.K., and Khurana, S.M.P., 2005, keeping quality of potato processing varieties during room temperature storage. Potato Journal, 32 (1–2), 55–59.
Kyriacou, M.C., Gerasopoulos, D., Siomos, A.S., and Ioannides, I.M., 2008, Impact of hot water treatment on sprouting, membrane permeability, sugar content and chip colour of reconditioned potato tubers following long-term cold storage. Journal of the Science of Food and Agriculture, 88, 2682–2687.
Kyriacou, M.C., Ioannides, I.M., Gerasopoulos, D., and Siomos, A.S., 2009, Storage profile and processing potential of four potato (*Solanum tuberosum* .L) cultivars under these storage temperature regimes. Journal of Food, Agriculture and Environment, 7, 31-37.
Marchal, L., 1999, towards a rational design of comercial maltodextrins a mechanistic approach. Deuchtland: Tramper and Bergsma Eds.
Mehta, A., Singh, S.V., Pandey, S.K., and Ezekiel, R., 2006, Storage behaviour of newly released potato cultivars under non-refrigerated storage. Potato Journal, 33(3/4), 158–161.
Ministry of Agriculture (MoA). , 2005, Potato Standards In: The Crop Production and Livestock Act. Kenya Gazette supplements no.38, Nairobi.
Ministry of Agriculture (MoA)., 2007, Challenges in potato research. In: The National Policy on Potato Industry, Presentation during the potato stakeholders meeting at KARI head quarters, Nairobi, Kenya.
Mottram, D.S., Wedzicha, B.L., and Dodson, A.T., 2002, Acrylamide is formed in the Maillard reaction. Nature, 419, 448-449.
Niggeweg, R., Michael, A.J., and Martin, C., 2004, engineering plants with increased level of the antioxidant chlorogenic acid. Nature Biotechnology, 22, 746-754.
Pande, P.C., and Luthra, S.K., 2003, Performance and storability of advanced potato hybrids in west central plains. Journal Indian Potato Association, 30, 21–22.
Pedreschi, F., Moyano, P., Kaack, K., and Granby, K., 2005, Color changes and acrylamide formation in fried potato slices. Food Research International 38, 1-9.
Rommens, C.M., Shakya, R., Heap, M., and Fessenden, K., 2010, Tastier and healthier alternatives to French Fries. Journal of Food Science. 75, 109-115.
Ross, A.F., 1959, Dinitrophenol methods for reducing sugars. In: TALBURST WF; SMITH O (Eds). Potato Processing: Connecticut. Avi Publishing Company. p. 467-470.
Salunkhe, D.K., and Desai, B.B., 1984, Post Harvest Biotechnology of Vegetables. 2nd ed., CRC Press. Boca Raton, Florida, US, pp. 55-82.
Samotus, B., Kolodziej, Z., Niedzwiedz, M., Leja, M., and Czajkowska, B., 1973, some aspects of total losses during storage and reconditioning of potato tubers. Potato Research, 16, 61-67
Saraiva, J.A., and Rodriques, I.M., 2011, Inhibition of tuber sprouting by pressure treatments. International Journal of Food Science and Technology, 46, 61-66.
Segnini, P., Dejmek, P., and Oste, R., 1999, A low cost video technique for colour measurement of potato chips. Swiss Society of Food Science and Technology, 32, 216-222.
Singleton, U.L., and Rossi, J., 1965, Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-posphotungustic acid reagent. American Journal of Enology and Viticulture, 16,144.
Sowokinos, J.R., 1990, Stress induced alteration in carbohydrate metabolism. *In*: The Molecular and Cellular Biol. Potato, M E Vayda and W D Park (Eds.) Wallingford, UK: CAB International. pp. 137-158.
Stadler, R.H., Blank, I., Varga, N., Robert, F., Hau, J., Guy, P.A., Robert M.C., and Riediker, S., 2002, Acrylamide from Maillard reaction products. Nature, 419, 449-450.
Suttle, J.C., 2007, Dormancy and sprouting. In*:* Potato biology and biotechnology, Vreugdenhil, D. & Bradshaw, J. (Eds.). Amsterdam: Elsevier Science B.V.
Wang-Pruski, G., and Nowak, J., 2004, Potato after-cooking darkening. American Journal of Potato Research, 81, 7-16.

Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 14, No. 1, Apr. May. 2018, p. 195- 206





نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد 14، شماره 1، فروردین-اردیبهشت 1397 ص.206-195

Effect of different storage methods on quantity and quality of potato

J. Nabati[*1], F. Izadi[2], R. Abbasi[3], F. Hassani[4]

Received: 2016.07.21
Accepted: 2017.02.15

Introduction: Potato (Solanum tuberosum) belongs to Solanaceae family and is a perennial plant which is herbaceous in nature. Potato is the world's number one non-grain food commodity and 75% of the total production are being harvested in densely populated developing countries such as China and India, and thus alleviates the food crisis in third world countries. Potato is the most imperative and widely cultivated vegetable crop in Iran, per capita consumption in the country is more than 35 kg. Potatoes are the World's most widely grown tubural crop and the fourth largest crop in terms of fresh produce after rice, wheat and maize. According to the National Policy on Potato Industry, the potato is an important food and cash crop that plays a major role in food security and is only second to maize in terms of utilization. Potato production is increasing due to the economic decline of competing cash crops such as maize, pyrethrum, and barley, and increasing demand from consumers and processors. Potato tuber undergoes physiological dormancy period during the postharvest storage. The length of the dormancy period is dependent on the varietal genetic profile, environmental factors and storage conditions. Commercial potato cultivars grown for the processing industry has shorter dormancy periods and associated with different storage disorders like sweetening, greening, toxicants, etc.; therefore it is vitally important to employ suitable storage conditions to ensure their continuous supply. Potato is semi perishable crop, however placed under low temperature storage to prevent them from sprouting and to ensure their regular supply whenever required. Low temperature potato storage is however, associated with low temperature sweetening and is specifically undesirable in processing potato varieties. The phenomenon is primarily associated with the potato storage under low temperature and as a result of which the insoluble starch is enzymatically hydrolyzed into soluble glucose, fructose and sucrose. Tuber sweetening deteriorates the tuber commercial quality and causes the fried products to turn brown and bitter in taste due to subsequent acrylamide formation. Packaging is an essential component of post harvest supply chain management in horticultural crops. In Iran and other developing countries, potatoes stored in polyethylene bags with a capacity of 40 to 80 kg that causes many problems during storage. Therefore, this study was conducted to evaluate the different potato packing methods for industry uses.

Material and Methods: Study was conducted in 2015-2016 at cold storage Ravand, in the Toos Industrial Zone, Mashhad, Iran in a completely randomized design with triplicate. Treatments including cold storage of potatoes, storage in a wooden box, kept in mesh bags, storage in polyethylene bags, and storage in punched polyethylene bags and kept in split polyethylene bags. Potato cultivar used in this study was Agria Picked up in the second half of October. Box weight was measured before storing tubers. Tuber store below six degrees Celsius and relative humidity between 85% and 90% were considered for all treatments. The amount of carbon dioxide during storage was set

[1]1. Member of staff Ferdowsi University of Mashhad, Research Center for Plant Sciences
2. Plan Manager of Behara Food Industry
3. Manager of Agronomic Affairs, Behara Food Industry
4. Agronomy Expert, Behara Food Industry
(*Corresponding Author Email: jafarnabati@ferdowsi.um.ac.ir)

between 700 and 1000 ppm. Storage period took six months. After storage period, the number of healthy, sprouting and rotting tubers were counted and the sugar content, total phenol content and quality of chips, starch content, dry matter and tuber specific gravity were measured.

Results &Discussion: The results showed that the highest and the lowest loss percentage observed in mesh bags and polyethylene bags respectively. The difference between the two treatments was 2.4 percent. Tuber maintenance in polyethylene bags and polyethylene bag split showed the highest and lowest percentage of decay. Most sprouting tuber was observed in polyethylene bags and punched polyethylene bags, and the lowest sprouting tuber observed in a mesh bag and wooden box. The difference between the highest and lowest percentage of sprouting tuber in punched polyethylene bags and mesh bag was 16 percent. There were no significant differences observed in reducing sugars and total phenol component at different storage methods. The highest percentage of starch obtained in split polyethylene bags and mesh bag and the least amount of starch in punched polyethylene bags. Packing tubers in mesh bag showed the maximum and in split polyethylene bags showed the minimum brown color in chips. The difference between the highest and lowest specific gravity was two percent, however, in all treatments specific gravity was more than one. The highest of dry matter percentage observed in a mesh bag and split polyethylene bags with 24 percent and the lowest of dry matter percentage was observed in punched polyethylene bags. Tuber loss weight in polyethylene bags was lower than other treatments, but rotten tubers percentage was higher than the other treatments. In contrast, tuber weight loss in split polyethylene and punched bag's was equal to storage in wooden boxes and tuber decay in split polyethylene bags was lower than other treatments. Chips quality in split polyethylene bags was more than other treatments and equal to wooden boxes. Generally, wooden boxes, split polyethylene bags and punching bags are found suitable to reduce the percentage of rot and sprouting potato tubers and as effective way to store potatoes in storage room.

Keywords: Chips, cold storage, decay, packaging, storage